

# **ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΧΩΡΙΚΗΣ ΒΑΣΕΩΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (Γ.Σ.Π.) ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΥΤΩΝ**

**Α. Κ. Αποστολάκης<sup>1</sup>, Γ.Χ. Ζαλίδης<sup>2</sup>, και Ξ. Π. Δημητριάδης<sup>1</sup>**

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η ύπαρξη βάσεως δεδομένων στην οποία θα είναι καταχωρημένα τα υδρολογικά στοιχεία μιας περιοχής και η σύνδεσή της μέσω κοινών χωρικών πεδίων με τη βάση δεδομένων ενός Γ.Σ.Π., παρέχει πολλές δυνατότητες για περαιτέρω μελέτη της υδρολογίας της περιοχής.

Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι η δημιουργία μιας τέτοιας βάσεως δεδομένων όπου θα συγκεντρώνονται και θα καταχωρούνται τα υδρολογικά δεδομένα της ευρύτερης περιοχής της Θεσσαλίας, και θα είναι δομημένη με τέτοιο τρόπο, ώστε να διευκολύνει την αξιοποίησή τους, είτε άμεσα, είτε μέσω των Γ.Σ.Π.

Η εργασία διακρίνεται σε πέντε φάσεις:

1. Συγκέντρωση, οργάνωση και αξιολόγηση των υδρολογικών δεδομένων.
2. Σχεδιασμός της βάσεως για τα υδρολογικά δεδομένα και εισαγωγή τους σ' αυτή.
3. Δημιουργία υποβάθρου που περιλαμβάνει την ψηφιοποίηση των διαφόρων χωρικών πληροφοριών της περιοχής (ισοϋψείς, αστικές περιοχές, υδρογραφικό δίκτυο, λεκάνες απορροής, βροχομετρικούς σταθμούς).
4. Τοπολογική δόμηση και προσθήκη νέων πληροφοριών στα

---

<sup>1</sup> Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων (ΕΚΒΥ). 14ο χλμ. Θεσ/νίκης Μηχανιώνας 57001, Θέρμη

<sup>2</sup> Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Εδαφολογίας, Τμήμα Γεωπονίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

υπάρχοντα χωρικά δεδομένα, ώστε να είναι δυνατός ο συνδυασμός τους με μη χωρικές πληροφορίες όπως είναι οι υδρολογικές.

5. Παραγωγή λογισμικού για την επεξεργασία των πληροφοριών της βάσης δεδομένων του Γ.Σ.Π. με σκοπό την παραγωγή νέων χωρικών υδρολογικών πληροφοριών. Το λογισμικό αυτό περιλαμβάνει το περιβάλλον χρήσης του συστήματος, το τμήμα επεξεργασίας και το τμήμα εξαγωγής αποτελεσμάτων.

Η μέθοδος αυτή προσφέρει τη δυνατότητα άμεσης και εύκολης ανάκλησης, συμπλήρωσης ή διόρθωσης των υδρολογικών δεδομένων της περιοχής.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται επίσης ένας τρόπος με τον οποίο είναι δυνατός ο προσδιορισμός της μέσης βροχόπτωσης για οποιοδήποτε χρονικό διάστημα και για οποιαδήποτε επιφάνεια εντός της περιοχής μελέτης (πολύγωνα υπολεκανών απορροής, χρήσεων γης, ζωνών υψομέτρου).

# **CONSTRUCTION OF A SPATIAL DATA BASE FOR HYDROLOGIC DATA AND THE USE OF GIS FOR WATER BALANCE STUDY IN THESSALY CATCHMENT AREAS**

A.K. Apostolakis<sup>1</sup> , G.C. Zalidis<sup>2</sup> and X.P. Dimitriadis<sup>1</sup>

## **ABSTRACT**

The basis to sustainably manage a wetland is the management of water resources in its catchment area. The management of these resources requires a set of reliable, easily retrievable and well structured hydrological data. This study aimed at the development of a GIS based system which can assist in the process of available hydrological data of the catchment area of the Karla wetland.

The procedure followed consisted of three phases: (a) A digitised form of coverage containing various spatially distributed data of the area (contour lines, urban areas, hydrographic networks, watershed basins, rainfall stations. (b) A topologically structured data base containing spatial distributed data and additional information. (c) A software for the data base treatment in order to produce spatially distributed hydrological data. This software consists of a user friendly interface, a data treatment module and a module to produce the proper output format.

The system offers a user friendly interface for easy retrieval or editing of hydrological data. It calculates the mean rainfall for any time period and for any location within the study area (water, basin, land use, rainfall). This system will be used for the study of the water budget in the water basin of the Karla wetland, which covers a large area in the Thessaly plain.

---

<sup>1</sup> Greek Biotope / Wetland Centre, 14th Kilometre Thessaloniki - Mihaniona, GR-57001 Thermi, Greece

<sup>2</sup> Aristotle University of Thessaloniki, Faculty of Agriculture, Laboratory of Applied Soil Science, 54006 Thessaloniki, Greece

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι υγρότοποι, εξορισμού, δημιουργούνται και διατηρούνται από το νερό. Η έκταση ενός υγροτόπου, το βάθος του νερού σ' αυτόν και η διακύμανση της στάθμης επηρεάζουν και καθορίζουν, σε πολύ μεγάλο βαθμό, τις λειτουργίες του. Οι υδρολογικές παράμετροι της λεκάνης απορροής είναι η κινητήρια δύναμη και το κοινό στοιχείο όλων των υγροτόπων. Οι Mitsch και Gosselink (1980) αναφέρουν ότι ο υδρολογικός είναι πιθανώς ο σημαντικότερος παράγοντας που καθορίζει την ύπαρξη και διατήρηση ειδικών τύπων υγροτόπων και υγροτοπικών διεργασιών. Σε μικρές μεταβολές των υδρολογικών συνθηκών ο βιόκοσμος μπορεί να αντιδρά με μαζικές μεταβολές του πλούτου των ειδών και της παραγωγικότητας του οικοσυστήματος. Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι η συγκέντρωση και επεξεργασία των υδρολογικών δεδομένων αποτελεί το κλειδί για την παρακολούθηση των οικολογικών μεταβολών που συμβαίνουν στους υγρότοπους και για τη διαχείριση των υγροτοπικών συστημάτων.

Η παρατηρούμενη τα τελευταία χρόνια πτώση της στάθμης του νερού και η συρρίκνωση της έκτασης των υγροτόπων της χώρας, εξαιτίας της μεγάλης μείωσης των βροχοπτώσεων, καθιστά αναγκαία την πληρέστερη μελέτη της υδρολογίας των λεκανών απορροής τους. Αυτό θα διευκολύνει τη λήψη των απαραίτητων μέτρων για να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα που προκύπτουν.

Κυριότερες πηγές πληροφοριών για την εκτίμηση των υδρολογικών παραμέτρων αποτελούν οι διάφορες περιφερειακές υπηρεσίες που συγκεντρώνουν κλιματικά στοιχεία από τους κατά τόπους βροχομετρικούς ή μετεωρολογικούς σταθμούς. Τόσο η συγκέντρωση των στοιχείων αυτών όσο και η επεξεργασία τους για τον υπολογισμό των διαφόρων υδρολογικών παραμέτρων, αποτελούν εργασίες επίπονες και χρονοβόρες. Η ανάγκη συγκέντρωσης των δεδομένων αυτών κατά τρόπο που να διευκολύνει την περαιτέρω επεξεργασία τους, επιβάλλει την αναζήτηση μεθόδου που θα προσφέρει αποτελεσματική συγκέντρωση, συμπλήρωση, διόρθωση και επεξεργασία των δεδομένων αυτών.

Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι να προτείνει μέθοδο αποθήκευσης και επεξεργασίας, βασισμένη στις σχεσιακές βάσεις δεδομένων και στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.). Η μέθοδος αυτή πιλοτικά εφαρμόζεται στη

Θεσσαλία, με δημιουργία της κατάλληλης βάσης δεδομένων ώστε να επιτευχθεί άμεση, εύκολη και ταχεία πρόσβαση στα δεδομένα, να διευκολυνθεί η επεξεργασία τους, ενώ παρέχεται και η δυνατότητα γραφικής αποτύπωσής τους σε χωρικό υπόβαθρο. Αυτό αποτελεί το πρώτο βήμα για την υδρολογική μελέτη των υγροτόπων.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η βάση δεδομένων που έπρεπε να επιλεγεί για την καταχώρηση σ' αυτή των υδρολογικών δεδομένων, εκτός από τις κλασικές πλέον δυνατότητες μιας βάσης δεδομένων, θα έπρεπε να πληρεί και τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

- να είναι σχεσιακή με δυνατότητα συνδυασμού πολλών επιμέρους μικρότερων βάσεων δεδομένων

- να παρέχει δυνατότητα αναφορικής ακεραιότητας (referential integrity), ώστε μεταβολές που θα γίνονταν σε κάποια από τις επιμέρους βάσεις να μεταφέρονται κατάλληλα και στις υπόλοιπες.

Το λογισμικό που τελικά επιλέχθηκε είναι η “Paradox for Windows” του οίκου Borland γιατί καλύπτει πλήρως τις παραπάνω προϋποθέσεις.

Στη βάση των υδρολογικών δεδομένων που αναπτύχθηκε εισήχθησαν όλα τα ημερήσια ύψη βροχής που καταγράφηκαν σε 38 βροχομετρικούς σταθμούς της Θεσσαλίας από τον Μάρτιο του 1959 ως και τον Δεκέμβριο του 1993. Η οργάνωση της βάσης έγινε με τρόπο ώστε αυτή να είναι ανοικτή σε οποιαδήποτε επέκταση όπως είναι η προσθήκη παρατηρήσεων θερμοκρασιών, ταχύτητας ανέμου κ.λ.π., παρατηρήσεων νέων μετεωρολογικών σταθμών, κ. ά.

Η διόρθωση, συμπλήρωση και ανάγνωση των δεδομένων γίνεται με τη βοήθεια φόρμας που δημιουργήθηκε για τον σκοπό αυτό. Η φόρμα αυτή φαίνεται στο Σχήμα 1.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών που χρησιμοποιήθηκαν για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας είναι το “ARC/INFO” και “ARCVIEW” έκδοσης 7.0.2 για λειτουργικό σύστημα UNIX και το “Idrisi” έκδοση 4.1 για λειτουργικό σύστημα MS-DOS. Τα δύο αυτά Γ.Σ.Π. χρησιμοποιήθηκαν για διαφορετικές επιμέρους εργασίες: Το ARC/INFO χρησιμοποιήθηκε για την ψηφιοποίηση των χωρικών πληροφοριών και για την εύρεση του υδροκρίτη των λεκανών και υπολεκανών απορροής, το ARC VIEW για τη δόμηση της βάσης δεδομένων που δέχτηκε τα διάφορα χωρικά δεδομένα καθώς και για την επικοινωνία του Γ.Σ.Π. με τον χρήστη και το Idrisi για τον υπολογισμό της κατανομής των βροχοπτώσεων ανά λεκάνη απορροής. Η χρήση δύο διαφορετικών πακέτων Γ.Σ.Π. δεν αποτέλεσε ανασταλτικό παράγοντα διότι τα συστήματα αυτά διαθέτουν πολλές δυνατότητες ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ τους.

Σταθμός: Αγίοφυλλο	Ημερομηνία	Βροχή (mm)
Γ. Μήκος: 22 06'	2/3/59	0.00
Γ. Πλάτος: 39 11'	3/3/59	0.00
Χ κατά ΕΓΣΑ: 335,894.95	4/3/59	0.00
Υ κατά ΕΓΣΑ: 4,338,841.07	5/3/59	0.00
	6/3/59	0.00
	7/3/59	0.00
	8/3/59	0.00
	9/3/59	0.00
	10/3/59	0.00
	11/3/59	0.00
	12/3/59	25.00
	13/3/59	4.00
	14/3/59	52.00
	15/3/59	7.00
	16/3/59	5.00
	17/3/59	0.00
	18/3/59	0.00
	19/3/59	4.00
	20/3/59	0.00
	21/3/59	0.00

**Σχήμα 1.** Φόρμα εισαγωγής, διόρθωσης και ανάγνωσης βροχομετρικών δεδομένων.

**Fig. 1.** Data form for input, edit and retrieval of rainfall data

Η ψηφιοποίηση της περιοχής μελέτης, (ευρύτερη πεδιάδα της Θεσσαλίας) έγινε από τους χάρτες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού, κλίμακας 1:50.000, με το πρόγραμμα ARCEDIT του ARC/INFO. Τα στοιχεία τα οποία ψηφιοποιήθηκαν είναι:

**-Ισοϋψείς καμπύλες.** Η ψηφιοποίησή τους έγινε με βήμα 100m για τις ορεινές περιοχές και με βήμα 20m για τις πεδινές. Στις πεδινές περιοχές επιλέχθηκε μικρότερο βήμα, προκειμένου να μην υπάρχουν μεγάλες εκτάσεις χωρίς υψομετρική πληροφορία. Η έλλειψη υψομετρικής πληροφορίας για μεγάλες εκτάσεις, δυσχεραίνει πολύ τη διαδικασία παρεμβολής για τη δημιουργία ενός DEM (Digital Elevation Model - Ψηφιακό Ομοίωμα Παρεμβολής) ενώ παράλληλα επιβαρύνει κατά πολύ τον συνολικό

χρόνο για τον υπολογισμό του. Η ψηφιοποίηση των ισοϋψών έγινε για να δημιουργηθεί το αντίστοιχο Ψηφιακό Ομοίωμα Παρεμβολής από το οποίο, με κατάλληλη επεξεργασία, προέκυψαν οι υδροκρίτες των λεκανών και υπολεκανών απορροής.

**-Υδρογραφικό δίκτυο.** Ψηφιοποιήθηκε το κύριο και δευτερεύον υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής. Η εργασία αυτή έγινε τόσο για την οπτική απεικόνιση των δικτύων στους χάρτες που δημιουργήθηκαν, όσο και για τον εντοπισμό των διαφόρων σημείων εκβολής, απαραίτητων για τον προσδιορισμό των λεκανών απορροής από το αντίστοιχο πρόγραμμα του Γ.Σ.Π.

**-Βροχομετρικοί σταθμοί.** Ψηφιοποιήθηκαν οι θέσεις 38 συνολικά βροχομετρικών σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της μέσης βροχόπτωσης ανά λεκάνη απορροής.

**-Αστικές περιοχές.** Ψηφιοποιήθηκαν οι θέσεις των κυριότερων αστικών περιοχών της ευρύτερης περιοχής της πεδιάδας της Θεσσαλίας για την απεικόνισή τους στους παραγόμενους χάρτες και για διευκόλυνση και προσανατολισμό του χρήστη. Τα βροχομετρικά δεδομένα της περιοχής, ελήφθησαν από διάφορες υπηρεσίες των Υπουργείων ΠΕΧΩΔΕ και Γεωργίας από τις οποίες συγκεντρώνονται σε ημερήσια βάση και καλύπτουν το χρονικό διάστημα από 1959 έως και 1993. Από τα δεδομένα αυτά, για την εφαρμογή της μεθόδου, επιλέχθησαν εκείνα που αντιστοιχούν στη δεκαετία 1971-1981 για την οποία υπάρχουν δεδομένα από τους περισσότερους σταθμούς (34 συνολικά) και υπολογίστηκαν οι μέσες βροχοπτώσεις ανά σταθμό. Τα δεδομένα αυτά δίνονται στον Πίνακα 1 μαζί με τις γεωγραφικές συντεταγμένες



**Πίνακας 1.** Γεωγραφικές συντεταγμένες μετεωρολογικών σταθμών και μέση βροχόπτωση για τη δεκαετία 1971-1981

**Table 1.** Geographic coordinates of meteorological stations and average precipitation for the decade 1971-1981.

a/a Site No	Σταθμοί Stations	Γεωγρ. Πλάτος Latitude	Γεωγρ. Μήκος Longitude	Υψό- μετρο m Height	Μέση βροχό- πτωση mm Average precipitation
1	Ανάβρα	39° 11'	22° 06'	208	828
2	Καλλιφώνι	39° 16'	21° 58'	100	612
3	Καρδίτσα	39° 22'	21° 56'	103	634
4	Καρδίτσομαγούλα	39° 24'	21° 55'	100	808
5	Λουτροπηγή	39° 07'	22° 03'	730	888
6	Μουζάκιο	39° 26'	21° 40'	226	1188
7	Παλαμάς	39° 28'	22° 05'	100	485
8	Πεδινό	39° 31'	21° 57'	105	755
9	Ρεντίνα	39° 04'	21° 59'	903	1841
10	Περτούλι	39° 33'	21° 28'	1160	1566
11	Ζάππειο	39° 28'	22° 27'	170	554
12	Λάρισα	39° 38'	22° 25'	79	541
13	Πυργετός	39° 54'	22° 36'	31	855
14	Φάρσαλα	39° 18'	22° 23'	138	606
15	Αγίοφυλλο	39° 52'	21° 34'	581	815
16	Ελάτη	39° 31'	21° 32'	900	1885
17	Μαλακάσιο	39° 47'	21° 17'	842	1349
18	Μετέωρα	39° 44'	21° 38'	596	833
19	Τρίκαλα	39° 33'	21° 46'	114	896
20	Φαρκαδόνα	39° 36'	22° 04'	87	614
21	Χρυσομηλιά	39° 36'	21° 30'	940	1302
22	Δομοκός	39° 08'	22° 18'	660	684
23	Βερδικούσσα	39° 47'	21° 59'	863	897
24	Γιαννώτα	39° 59'	22° 03'	578	670
25	Ελασσόνα	39° 54'	22° 11'	314	633
26	Λιβάδι	40° 08'	22° 09'	1179	884
27	Τύρναβος	39° 44'	22° 17'	92	618
28	Σκοπιά	39° 09'	22° 28'	450	615
29	Αρμένιο	39° 29'	22° 42'	60	480
30	Σωτήριο	39° 30'	22° 43'	51	478
31	Κανάλια	39° 30'	22° 53'	70	937
32	Σπηλιά	39° 48'	22° 39'	850	929
33	Βόλος	39° 22'	22° 57'	37	535
34	Μακρυνίτσα	39° 24'	22° 59'	690	956

κάθε σταθμού. Τα βροχομετρικά στοιχεία των σταθμών αυτών εισήχθησαν στο πρόγραμμα διαχείρισης πινάκων Excel και στη συνέχεια, από το ίδιο πρόγραμμα, μετετράπηκαν σε αρχεία Dbase4 για να εισαχθούν τελικά στη βάση δεδομένων που δημιουργήθηκε από την Paradox.

Ακολούθησε η δημιουργία της τοπολογίας των ψηφιοποιημένων χωρικών πληροφοριών (σημεία και γραμμές). Η εργασία αυτή έγινε από τα αντίστοιχα προγράμματα του ARC/INFO. Με τη διαδικασία αυτή δημιουργήθηκαν νέα χωρικά δεδομένα (σημεία, γραμμές και πολύγωνα) με δομημένη πλέον τοπολογία και επιπλέον πεδία χωρικών ή μη πληροφοριών, τα οποία είτε προστίθενται αυτόματα από το Γ.Σ.Π. (όπως εμβαδόν, περίμετρος πολυγώνων κ. ά.) είτε προστίθενται από τον χρήστη (όπως ονόματα, δεδομένα, κ. ά.).

Τα δομημένα χωρικά στοιχεία των ψηφιοποιήσεων, εισήχθησαν στο Γ.Σ.Π. ARCVIEW από το οποίο είναι πλέον εύκολα προσβάσιμα στον χρήστη και αποτελούν το πρώτο επίπεδο πληροφοριών.

Από τις ισοϋψείς καμπύλες, δημιουργήθηκε με παρεμβολή το Ψηφιακό Ομοίωμα Παρεμβολής ισοϋψών της περιοχής, το οποίο χρησιμοποιήθηκε στη συνέχεια για τον υπολογισμό των λεκανών και υπολεκανών απορροής της περιοχής με τη βοήθεια των αντίστοιχων προγραμμάτων του ARC/INFO. Τα πολύγωνα των λεκανών απορροής που σχηματίστηκαν, μεταφέρθηκαν στη συνέχεια στο ARC/VIEW και αποτελούν το δεύτερο επίπεδο πληροφοριών του συστήματος.

Αναπτύχθηκε μέθοδος που εφαρμόστηκε στις λεκάνες απορροής της πεδιάδας της Θεσσαλίας όπου υπολογίστηκαν τα ετήσια ύψη βροχής από τα δεδομένα 34 βροχομετρικών σταθμών της περιοχής για τη δεκαετία 1971-81. Η μέθοδος συνίσταται στη δημιουργία Ψηφιακού Ομοιώματος Παρεμβολής ισοϋετών σημείων με βάση το ύψος βροχής ανά βροχομετρικό σταθμό. Η μέθοδος υπολογισμού της μέσης βροχόπτωσης ανά λεκάνη απορροής, που παρουσιάζεται, χωρίζεται σε τρία στάδια: α) την επιλογή της έκτασης του κάθε εικονοστοιχείου, β) τον εντοπισμό της θέσεως των εικονοστοιχείων που αντιστοιχούν σε κάθε λεκάνη απορροής και γ) τον υπολογισμό της μέσης τιμής βροχόπτωσης ανά λεκάνη απορροής, όπως αυτή προκύπτει από την άθροιση όλων των τιμών των εικονοστοιχείων και τη διαίρεσή τους με το πλήθος τους.

Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στην επιλογή της ανάλυσης του Ψηφιακού Ομοιώματος Παρεμβολής και συγκεκριμένα πόση έκταση αντιπροσωπεύει κάθε εικονοστοιχείο (pixel). Χαμηλή ανάλυση σημαίνει ότι κάθε εικονοστοιχείο αντιπροσωπεύει μεγάλη έκταση ενώ υψηλή ανάλυση, ακριβώς το αντίθετο. Η επιλογή της σωστής ανάλυσης εξαρτάται από τη συνολική έκταση της περιοχής, την πυκνότητα των βροχομετρικών σταθμών καθώς και από την ακρίβεια της περιοχής ενδιαφέροντος. Η πολύ χαμηλή ανάλυση επέδρασε αρνητικά στην ακρίβεια των υπολογισμών. Από την άλλη πλευρά, η πολύ υψηλή ανάλυση έδωσε ακριβή αποτελέσματα, αλλά αύξησε πολύ τον συνολικό χρόνο επεξεργασίας, χωρίς να προσφέρει πρακτικά ακριβέστερα αποτελέσματα από μια μέση ανάλυση. Για τον λόγο αυτό, οι ακραίες τιμές θα πρέπει να αποφεύγονται.

Το επόμενο στάδιο της προτεινόμενης μεθόδου είναι ο εντοπισμός της θέσεως των εικονοστοιχείων που αντιστοιχούν σε κάθε λεκάνη απορροής στο Ψηφιακό Ομοίωμα Παρεμβολής ισοϋετών. Ο υπολογισμός αυτός είναι ανεξάρτητος από τον χρόνο υπολογισμού της μέσης βροχόπτωσης. Για τον εντοπισμό των εικονοστοιχείων έγινε μετατροπή του αρχείου που περιέχει τα πολύγωνα, από διανυσματικό (vector) σε ψηφιακό (raster) χρησιμοποιώντας την ίδια ανάλυση με εκείνη της εικόνας παρεμβολής. Με τον τρόπο αυτό προκύπτει η τελική εικόνα παρεμβολής με σχηματισμένα τα πολύγωνα των υδροκριτών. Ο προσδιορισμός των εικονοστοιχείων που ανήκουν σε κάθε πολύγωνο μέσα στην εικόνα παρεμβολής, μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:

α. Με τεχνικές δυαδικών εικόνων (Boolean images). Τις τεχνικές αυτές τις υποστηρίζουν τα περισσότερα Γ.Σ.Π.

β. Με λογισμικό που αναπτύσσεται για τον σκοπό αυτό.

Στην παρούσα εργασία προτιμήθηκε η δεύτερη μέθοδος διότι είναι ταχύτερη από τη πρώτη και προσαρμόζεται πληρέστερα στις επιμέρους ιδιαιτερότητες.

Η μέση βροχόπτωση ανά λεκάνη απορροής υπολογίστηκε με παρεμβολή των αντίστοιχων τιμών όλων των διαθέσιμων σταθμών της περιοχής. Η εργασία αυτή, ενώ ήταν δυνατόν να γίνει με τεχνικές δυαδικών εικόνων, προτιμήθηκε να ολοκληρωθεί με χρήση δύο προγραμμάτων που γράφηκαν ειδικά για τον σκοπό αυτό για λόγους ταχύτητας και πρακτικότητας στη χρήση. Τα προγράμματα αυτά γράφηκαν σε Microsoft

Quick Basic και μεταγλωτίσθηκαν σε γλώσσα μηχανής από το αντίστοιχο πρόγραμμα του πακέτου, για μεγαλύτερη ταχύτητα εκτέλεσης.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η πιο ενδιαφέρουσα και χρήσιμη εφαρμογή της βάσεως αυτής είναι η δυνατότητα υποβολής ερωτήσεων (queries) προς αυτήν με γνώρισμα κριτήρια που θέτει ο χρήστης. Έτσι στο Πίνακα 2 παρουσιάζεται κατάλογος που προήλθε από μια τέτοια “ερώτηση” και που δείχνει τις περιπτώσεις κατά τις οποίες στους βροχομετρικούς σταθμούς παρατηρήθηκαν ημερήσιες βροχοπτώσεις πάνω από 100 mm και για την περίοδο 1959-1993. Ο κατάλογος αυτός είναι ταξινομημένος κατά ημερομηνία κατόπιν αιτήσεως του χρήστη. Η βάση μπορεί να δεχτεί πολλαπλές ερωτήσεις οι οποίες να αναφέρονται σε όλα τα πεδία της.

Ο υπολογισμός των τιμών μέσης βροχόπτωσης έγινε με τη προτεινόμενη μέθοδο και συγκρίθηκε τόσο με τη μέθοδο των ισοϋετών καμπυλών, όσο και με αυτή των πολυγώνων του Thiessen και παρατηρήθηκαν μικρές αποκλίσεις. Οι μικρές αυτές αποκλίσεις αποδίδονται στην ακριβέστερη κατανομή και κλιμάκωση της βροχής ανά λεκάνη που δίδει η προτεινόμενη μέθοδος, σε σχέση με εκείνη που δίνουν οι ισοϋετείς. Η ανάλυση του Ψηφιακού Ομοιώματος Παρεμβολής που χρησιμοποιήθηκε είναι 634 X 438 εικονοστοιχεία. Δοκιμές έγιναν και με Ψηφιακά Ομοιώματα Παρεμβολής υψηλότερης ανάλυσης (μέχρι 3170 X 2190) αλλά οι αποκλίσεις που παρατηρήθηκαν ήταν χωρίς πρακτική σημασία.

Τα όρια των λεκανών και υπολεκανών απορροής, όπως αυτές προέκυψαν από την επεξεργασία των αρχείων με τις ισοϋψείς καμπύλες (αρχεία-DEM), φαίνονται στο σχήμα 2. Στην εικόνα αυτή, με βάση το χρωματικό υπόμνημα, φαίνεται και η κατανομή των βροχοπτώσεων ανά λεκάνη και υπολεκάνη απορροής, που ήταν και ο κύριος σκοπός αυτής της εργασίας. Οι κωδικοί του κάθε βροχομετρικού σταθμού αντιστοιχούν στον αύξοντα αριθμό του Πίνακα 1.

**Πίνακας 2.** Ημερήσιες βροχομετρικές παρατηρήσεις πάνω από 100 mm ταξινομημένες κατά ημερομηνία.

**Table 2.** Observed rainfall depth more than 100 mm classified by date.

Βροχομετρ. σταθμός	Ημερο- μηνία	Βροχή	Λουτρό	23/2/75	128.5	Λουτρό	26/2/82	115
Rainfall station	Date	Rain mm	Μακρινίτσα	7/6/75	172	Τίρνα	4/3/82	132
Τίρνα	14/11/59	115	Τίρνα	15/8/75	163	Τίρνα	8/3/82	167
Καρδίτσα	16/5/60	107	Κανάλια	24/10/75	111	Κανάλια	27/5/82	110
Ανάβρα	10/10/61	114	Κανάλια	4/2/76	110	Μακρινίτσα	29/5/82	101
Τίρνα	2/3/62	111	Κανάλια	4/12/77	108	Περτούλι	17/11/82	108
Πυργετός	6/5/62	112	Λουτρό	18/1/78	135	Πεδινό	2/12/83	105
Λάρισα	26/9/62	101	Μύρα	14/9/78	175	Σέφκο	2/12/83	101.2
Μακρινίτσα	26/9/62	139	Σπηλιά	14/9/78	120	Κανάλια	9/12/83	125
Μουζάκιο	26/9/62	100.9	Αρμένιο	15/9/78	125	Χρυσομηλιά	24/1/84	282
Πυργετός	26/9/62	118	Ελασόνα	15/9/78	247	Κανάλια	31/12/84	120
Σπηλιά	26/9/62	111	Κανάλια	15/9/78	122.5	Τίρνα	24/10/85	138
Τίρνα	26/9/62	112	Λάρισα	15/9/78	104	Τίρνα	13/12/85	130
Μακρινίτσα	27/9/62	118	Μακρινίτσα	15/9/78	174	Ανάβρα	28/10/86	130
Τίρνα	14/2/63	102	Πυργετός	15/9/78	110	Καλλιφώνι	29/10/86	111
Σπηλιά	29/11/63	105	Σωτήριο	15/9/78	125	Κατάφυτο	30/1/87	110
Πυργετός	30/11/63	136	Σπηλιά	15/9/78	266	Πεδινό	22/3/87	107
Μετέωρα	10/11/64	105	Τίρναβος	15/9/78	208	Τίρνα	23/10/88	103
Χρυσομηλιά	20/9/66	141	Βόλος	15/9/78	125	Κανάλια	10/12/88	118
Χρυσομηλιά	21/9/66	136	Πυργετός	16/9/78	116	Σπηλιά	25/3/89	169
Τίρνα	21/9/66	110	Ζάππειο	16/9/78	128	Κανάλια	5/5/89	123.5
Πυργετός	8/12/66	114	Μύρα	27/10/78	155	Κατάφυτο	9/10/89	105
Σπηλιά	8/12/66	120	Κανάλια	29/10/78	108	Τίρνα	6/4/91	106
Πυργετός	7/9/67	139	Χρυσομηλιά	28/11/78	157	Χρυσομηλιά	19/4/92	133
Μακρινίτσα	4/5/70	138	Μαλακάσιο	15/12/78	124	Περτούλι	19/4/92	101
Σπηλιά	4/5/70	123	Τίρνα	24/12/78	313	Κανάλια	3/1/93	110
Πυργετός	17/10/70	113	Κανάλια	12/5/79	138			
Κατάφυτο	31/12/70	168	Τίρνα	8/10/79	115			
Περτούλι	31/12/70	107	Κανάλια	21/10/79	107			
Τίρνα	31/12/70	146	Μύρα	18/11/79	123			
Τίρνα	20/4/72	115	Ελασόνα	19/11/79	124			
Λιβάδι	16/7/72	155	Μύρα	25/11/79	109			
Τίρναβος	16/7/72	259	Τίρνα	24/12/79	113			
Ζάππειο	16/7/72	105	Τίρνα	1/1/80	118			
Κανάλια	25/2/74	125	Περτούλι	23/10/80	108			
			Λουτρό	5/2/81	133			
			Τίρνα	7/9/81	109			
			Μύρα	25/1/82	101			

# ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΕΣΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ

## ΣΤΙΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

### ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

#### ΤΗΝ ΔΕΚΑΕΤΙΑ 1971 - 1981

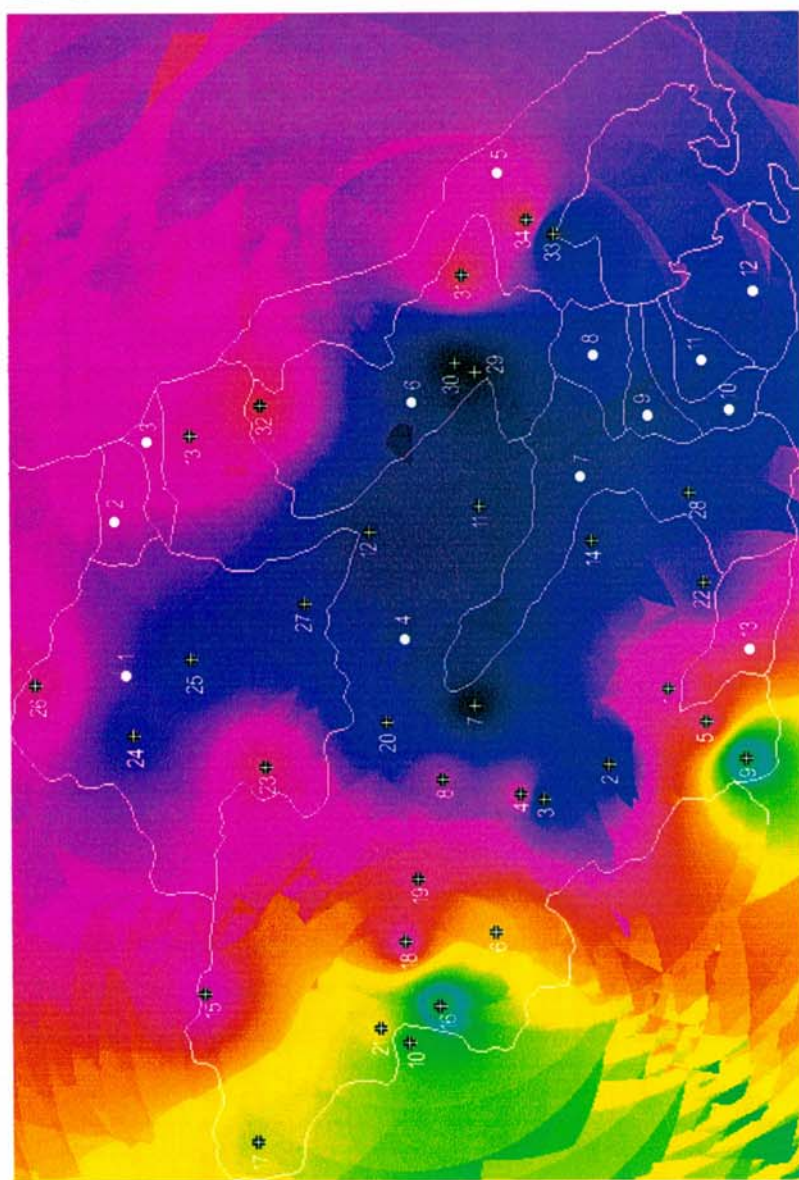
2+ Κωδικός βροχομετρικού σταθμού

• 4 Κωδικός λεκάνης απορροής

Μέσο ύψος βροχής mm

478	947	1415
572	1040	1509
665	1134	1603
759	1228	1697
853	1322	1790
		1884

25km



Σχήμα 2. Ψηφιακό ομοίωμα παρεμβολής με κατανομή βροχών για τον υπολογισμό της μέσης βροχόπτωσης ανά λεκάνη απορροής για το γεωγραφικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας.

Στον Πίνακα 3 δίνονται το εμβαδόν και η περίμετρος κάθε υπολεκάνης, στοιχεία που υπολογίζονται αυτόματα από το Γ.Σ.Π. και που είναι απαραίτητα για την εκτίμηση και περαιτέρω διερεύνηση υδρολογικών παραμέτρων.

**Πίνακας 3.** Εμβαδόν, περίμετρος, και μέση βροχόπτωση κάθε λεκάνης και υπολεκάνης απορροής της Θεσσαλίας για τη δεκαετία 1971 - 1981

**Table 3.** Area, circumference and average precipitation for every catchment and subcatchment area of Thessaly for the decade 1971 - 1981.

α/α Site No	Λεκάνη απορροής Catchment area	Εμβαδόν Area (ha)	Περίμετρος Circumference (km)	Μέση βροχόπτωση Average precipitation (mm)
1	Τιταρήσιου	209715	229,6	725
2	Ζηλιάνας	15198	56,2	798
3	Καλλιπεύκης	8779	59,8	819
4	Πηνειού	667819	633,8	863
5	Ανατολικών ακτών	129754	328,3	755
6	Κάρλας	115721	193,1	668
7	Ενιπέα	96823	215,8	614
8	Λαχανορέματος	19090	63,5	628
9	Χολορέματος	11501	62,3	604
10	Αλμυρού	15197	79,3	625
11	Πλατανορέματος	11884	53,1	630
12	Αγ. Ιωάννη	33427	87,1	668
13	Ξυνιάδας	25322	78,6	841



Στον ίδιο πίνακα δίνεται και η υπολογισθείσα μέση βροχόπτωση ανά λεκάνη απορροής. Ο αύξων αριθμός στον πίνακα αυτό, αντιστοιχεί με τον κωδικό της λεκάνης απορροής του σχήματος 2.

Τα επίπεδο πληροφοριών που προκύπτει από την ψηφιοποίηση των ισοϋψών και του υδρογραφικού δικτύου, είναι δυνατόν, εκτός από τη χάραξη του υδροκρίτη των λεκανών και υπολεκανών, να χρησιμοποιηθεί και σε άλλες εφαρμογές, όπως είναι: α) η τρισδιάστατη απεικόνιση της υπό μελέτη περιοχής, β) ο προσδιορισμός των κλίσεων και των επιπέδων διάβρωσης σε ορεινούς όγκους καθώς και ο υπολογισμός των όγκων των υδάτων που τυχόν συγκεντρώνονται στον τελικό αποδέκτη (π.χ. ταμιευτήρα, φυσική λίμνη, υγρότοπο). Με βάση τις εισροές και εκροές υδάτων στον υγρότοπο, μπορεί να καθοριστεί το υδατικό ισοζύγιο της λεκάνης απορροής του καθώς και το είδος και η έκταση που θα καταλάβουν οι υδροπερίοδοι του υγροτόπου που ήδη υπάρχει ή πρόκειται να δημιουργηθεί στην υπό μελέτη περιοχή (Ζαλίδης κ. ά. 1995). Η υδροπερίοδος αποτελεί σπουδαίο παράγοντα από τον οποίο εξαρτώνται πολλές από τις λειτουργίες ενός υγροτόπου.

Η διαδικασία που περιγράφηκε πρωτίτερα για τον υπολογισμό της μέσης βροχόπτωσης, μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί και σε περιπτώσεις εκτίμησης της αιχμής πλημμυρών. Επίσης μπορεί να βρει εφαρμογή στη διαχείριση αρδευτικών δικτύων (Δημητριάδης 1995), που συνδέονται με υγροτόπους. Στην περίπτωση αυτή, με βάση δεδομένα βροχοπτώσεων, εκτιμάται η μέση βροχόπτωση που δέχεται κάθε ένα από τα αρδευτικά δίκτυα. Αυτό επιτρέπει στους υπεύθυνους για τη λειτουργία τους να προσαρμόζουν ταχύτητα την υδροδότηση, με ανάλογη εξοικονόμηση νερού, γεγονός που θα ανακουφίσει τα στραγγιστικά δίκτυα εξασφαλίζοντας περισσότερο νερό για τον υγρότοπο (Δημητριάδης 1995).

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Δημιουργήθηκε βάση δεδομένων για την αποτελεσματική διαχείριση των χρονικώς και χωρικώς κατανεμημένων υδρολογικών δεδομένων. Γράφηκε λογισμικό για τον προσδιορισμό της μέσης βροχόπτωσης ανά υπολεκάνη απορροής. Η μέθοδος αυτή συγκρινόμενη με άλλες μεθόδους βρέθηκε ότι δίνει παρόμοια αποτελέσματα και συγχρόνως έχει τη δυνατότητα να υπολογίζει μέσες τιμές βροχόπτωσης για συγκεκριμένες λεκάνες απορροής και ορισμένη χρονική περίοδο.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Borland International, Inc. Paradox for Windows User's Guide. 1992. Scotts Valley CA, USA. 641p.
- Borland International, Inc. Paradox for Windows Guide to ObjectPal. 1992. Scotts Valley CA, USA 521p.
- Construction Engineering Research Laboratory 1993. GRASS 4.1 User's Reference Manual. Illinois USA. p 330.
- Δημητριάδης Ξ. 1995. Μέθοδος βελτίωσης της αρδευτικής αποδοτικότητας στα αρδευτικά δίκτυα Αξιού για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στο δέλτα. Μεταπτυχιακή διατριβή. Μεταπτυχιακό Τμήμα Εγγείων Βελτιώσεων Γεωπονίας ΑΠΘ 231 σελ.
- Eastman J. R. 1993. Idrisi user's guide. Clark University, USA. 230p.
- Environmental Systems Research Institute Inc. 1994. Understanding GIS the ARC/INFO method. Redlands CA USA. 423p.
- Environmental Systems Research Institute Inc. 1994. Surface modeling with TIN (Triangulated Irregular Network). Redlands CA USA. 240p.
- Ζαλίδης Γ., Ξ. Δημητριάδης και Σ. Χατζηγιαννάκης. 1995. Αποξήρανση και αποκατάσταση τέως λίμνης Κάρλας: Επισκόπηση μελετών και προοπτικές αποκατάστασης. Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας - Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων (EKBY). 74 σελ.
- Marble L.M. 1992. A guide to wetland functional design. Lewis publishers. Roca Raton, Ann Arbor London. 222 p.
- Mitsch W.I., J.G. Gosselink. 1986. Wetlands. Van Norstrand Reinhold. New York. NY USA 537 p.